

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Thuany Gomes Alvim

**Efeito da mudança e variação da pressão barométrica no comportamento de rainhas de**

*Atta sexdens*

Curitibanos

2021

Thuany Gomes Alvim

**Efeito da mudança e variação da pressão barométrica no comportamento de rainhas de**

*Atta sexdens*

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Profa. Dra. Andressa Vasconcelos Flores  
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Sujimoto

Curitibanos

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Alvim, Thuany

Efeito da mudança e variação da pressão barométrica no comportamento de rainhas de *Atta sexdens* / Thuany Alvim ; orientador, Andressa Vasconcelos Flores, coorientador, Fernando Sujimoto, 2021.  
33 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Engenharia Florestal. 3. Formigas Cortadeiras. 4. Rainha. 5. *Atta sexdens*. I. Vasconcelos Flores, Andressa . II. Sujimoto, Fernando . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

Thuany Gomes Alvim

**Efeito da mudança e variação da pressão barométrica no comportamento de rainhas de**

*Atta sexdens*

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitiba, 15 de abril de 2021.



Documento assinado digitalmente  
Mário Dobner Júnior  
Data: 07/05/2021 08:50:08-0300  
CPF: 034.250.659-05  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Mário Dobner Júnior  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Andressa Vasconcelos Flores  
Data: 03/05/2021 22:04:29-0300  
CPF: 031.437.810-81  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.(a) Dr.(a) Andressa Vasconcelos Flores  
Orientador(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Fernando Ribeiro Sujimoto  
Avaliador(a)  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Msc. Isabella Bueno  
Avaliador(a)  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Este trabalho é dedicado ao meu pai Marlon, minha mãe Adriana,  
minha irmã Jade, meus avós e meu namorado João Victor.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina, na qual me proporcionou uma formação acadêmica gratuita e de qualidade.

A minha professora, orientadora Andressa Flores Vasconcelos por todos os ensinamentos técnicos e humanos. Além de todo apoio e auxílio durante a graduação em estágios que enriqueceram minha formação. Pelo suporte na confecção e conclusão do presente trabalho.

Ao Fernando Sujimoto, que me proporcionou a oportunidade de realizar o presente trabalho, me doando seu tempo, suporte, paciência e participação ativa na condução do presente trabalho.

Ao Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos – ESALQ - USP coordenado pelo José Mauricio Simões Bento que me proporcionou todo o suporte para realização dos experimentos e concedendo estágio. Em especial a Kamila Emmanuella Xavier de Azevedo pela participação ativa na condução do presente trabalho.

Muito obrigada!

## RESUMO

Dentre todas as atividades das castas e subcastas encontradas na espécie de formiga-cortadeira *Atta sexdens*, o comportamento da única rainha e sua interação no interior do ninho é essencial para o desenvolvimento e sobrevivência da colônia. Como progenitora, ela garante a postura de ovos e, portanto, manutenção da taxa de crescimento do ninho, colaborando constantemente com a homeostase da colônia. Apesar do já conhecido papel crucial e da fragilidade de depender de apenas uma rainha, pouco se sabe sobre os efeitos de mudanças abióticas no comportamento dessa casta reprodutiva. Dentre os vários fatores aí inclusos, variações na pressão barométrica e o reflexo no comportamento dessa casta permanece completamente desconhecido. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar os efeitos da variação na pressão barométrica sobre o comportamento de rainhas de formigas da espécie *Atta sexdens*. Para tal, cinco ninhos dessa espécie foram submetidos a momentos de rampa, pressão em queda, em alta, e pressão estável. Os experimentos foram realizados em uma câmara barométrica construída de forma que controle a pressão exercida em seu interior. Os ninhos foram colocados em placas de vidro e continham a única progenitora, operárias maiores, operárias menores, prole e o jardim do fungo simbiote. Os comportamentos das rainhas foram filmados, sendo posteriormente observados e registrados aqueles envolvendo a movimentação dessa ao longo do tempo e espaço. Os resultados mostraram que há somente diferenças na quantidade de deslocamento da rainha em momentos em que a pressão gradativamente aumenta, diminui ou permanece estável, em detrimento dos momentos em que a pressão se mostra constante para as três situações. Há maior quantidade de movimentos da rainha para a pressão estável, seguido da alta e baixa. Para esses extremos, a inatividade da rainha parece estar relacionada como uma estratégia de defesa contra iminentes intempéries trazidas pelas variações de pressão, como chuvas e ventos. Observou-se também maior movimentação ao longo da pressão estável sobre o fungo e próximo da prole, mostrando um ritmo mais regular das atividades da progenitora no cuidado com as crias nessa condição ambiental. Apesar dos incipientes resultados sobre tais condições agindo no comportamento de integrantes do ninho de formigas, o trabalho demonstra que tais insetos sociais são sensíveis as mudanças na pressão e são capazes de reagir contra os efeitos negativos.

**Palavras-chave:** Rainha. Movimento. Mudanças de pressão. Formigas-Cortadeiras.

## ABSTRACT

Among all the activities of the varieties and sub-varieties found in the leaf-cutting ant species *Atta sexdens*, the behavior of the single queen and its interaction inside the nest is essential for the development and survival of the colony. As a parent, she guarantees the laying of eggs and, therefore, maintenance of the growth rate of the nest, collaborating constantly with the homeostasis of the colony. Despite the already known crucial role and the fragility of depending on just one queen, little is known about the effects of abiotic changes in the behavior of this reproductive caste. Among the various factors included therein, variations in barometric pressure and the reflex in the behavior of this variety remains completely unknown. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effects of variation in barometric pressure on the behavior of *Atta sexdens* ant queens. For this purpose, five nests of this species were submitted to moments of ramp, pressure in fall, in high, and stable pressure. The experiments were carried out in a barometric chamber built in such a way as to control the pressure exerted inside. The nests were placed in glass plates and contained the only parent, major workers, minor workers, offspring and the symbiotic fungus garden. The queens' behaviors were filmed, and those involving their movement over time and space were subsequently observed and recorded. The results showed that there are only differences in the amount of displacement of the queen at times when the pressure gradually increases, decreases or remains stable, to the detriment of the moments when the pressure is constant for the three situations. There is a greater amount of queen movement for stable pressure, followed by high and low. For these extremes, the queen's inactivity seems to be related as a defense strategy against imminent weather conditions brought about by pressure variations, such as rain and winds. Greater movement was also observed along the stable pressure on the fungus and close to the offspring, showing a more regular rhythm of the parent's activities in caring for the young in this environmental condition. Despite the incipient results on such conditions acting on the behavior of members of the ant nest, the work shows that such social insects are sensitive to changes in pressure and are able to react against the negative effects.

**Keywords:** Queen. Movement. Pressure changes. Leaf-cutting ants.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1	OBJETIVO .....	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1	FATORES ABIÓTICOS E COMPORTAMENTO DOS INSETOS.....	11
2.2	INSETOS SOCIAIS .....	13
2.3	FORMIGAS-CORTADEIRAS .....	14
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1	COLÔNIAS DE <i>Atta sexdens</i> .....	17
3.2	CÂMARA BAROMÉTRICA.....	18
3.3	ANÁLISES COMPORTAMENTAIS .....	20
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Efeitos abióticos agindo sobre organismos constitui uma das áreas mais estudadas dentro da ecologia. Para o comportamento animal, essa perspectiva, apesar de menos frequentemente explorada, também revela a influência de fatores como a temperatura e umidade nas atividades de um único indivíduo, ou mesmo de um grupo desses. Os insetos, assim como qualquer outro grupo animal, dependem de pistas ambientais e direcionam seus padrões comportamentais baseados, entre outros fatores, nas variações abióticas. A pressão barométrica, ainda é pouco explorada quanto ao reflexo de suas variações no comportamento dos insetos (PELLEGRINO *et al.*, 2013).

Oscilações na pressão barométrica são eventos regulares, e acima de 4 mbar podem alterar as condições do tempo (AUSTIN *et al.*, 2014). A pressão barométrica é denominada devido a força que o ar atmosférico exerce sobre a superfície (LAZARIDIS, 2011). Em situações de queda na pressão, podem ocorrer chuvas e ventos fortes, enquanto em alta, leva a um tempo limpo (LUTGENS; TARBUCK, 2012; TASA, 2013). Essas mudanças, em alguma instância, estão associadas a alterações nas respostas comportamentais em insetos, como início de voo, chamamento de parceiros, acasalamento, oviposição, alimentação, busca por abrigo ou habitats favoráveis, aprendizado comportamental e forrageio em insetos sociais (COSTA, 2018). Apesar de já demonstrada e detalhada a influência desse elemento em padrões comportamentais de insetos solitários (PELLEGRINO *et al.*, 2013), para organismos sociais como as formigas, as poucas investigações majoritariamente mostram uma correlação entre as mudanças da pressão e alterações nas atividades externas, como o forrageio (LEWIS *et al.*, 1974).

Formigas-cortadeiras, insetos sociais altamente derivados, apresentam um alto grau de interações sociais e, portanto, amplo e complexo conjunto de padrões comportamentais que garantem a homeostase da colônia (ENDRINGER, 2011). Dentre as atividades internas do ninho, as formigas-cortadeiras promovem o constante cuidado com a prole, a limpeza dos indivíduos e do ninho, o cuidado do jardim de fungo entre outros comportamentos (WILSON, 1980). Mesmo já compreendido que fatores como temperatura (BOLLAZZI *et al.*, 2010) e concentração de CO<sub>2</sub> (RÖMER *et al.*, 2018) podem alterar padrões comportamentais no interior dos ninhos, a interferência da pressão barométrica nesse contexto ainda não foi elucidada. Contudo, sabe-se que esse fator modifica o comportamento de forrageio em saúvas, atividade majoritariamente exercida no ambiente externo (SUJIMOTO *et al.*, 2019).

Considerada um integrante de extrema importância para a sobrevivência e desenvolvimento da colônia, a única rainha encontrada dentro do ninho possui único papel de progenitora, garantindo a constante postura de ovos e crescimento da sociedade (HOLLOBLER; WILSON, 1990). Assim, mantê-la sempre em segurança é primordial para o grupo. No entanto, mesmo frente a tamanha importância biológica desse único indivíduo para uma sociedade de formigas-cortadeiras, poucos estudos se dedicam a compreender como os fatores abióticos podem interferir no comportamento de tal casta. Dessa forma, acredita-se que a rainha seja sensível a pressão, modificando assim seu comportamento na iminência de significativas mudanças no tempo, como as chuvas.

### 1.1 OBJETIVO

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar os efeitos da pressão barométrica no comportamento de rainhas no interior de ninhos de formigas-cortadeiras (*Atta sexdens*). Mais precisamente, buscou-se compreender a reação comportamental da progenitora por meio de padrões de movimentação dessa frente a rampa, aumento, diminuição e estabilidade da pressão barométrica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 FATORES ABIÓTICOS E COMPORTAMENTO DOS INSETOS

Fatores relacionados a ecologia e qualquer elemento do meio são capazes de atuar diretamente sobre os seres vivos. Condições como clima, radiação, temperatura, umidade, luz, vento, e mesmo disponibilidade de alimento e interação dos mesmos, são fatores ambientais que influenciam na distribuição e abundância dos insetos (GALLO *et al.*, 2002).

O tempo, na perspectiva climatológica, é um fator que envolve toda a comunidade, influenciando direta e indiretamente quaisquer organismos. Climatologistas definem o tempo como conjunto de valores que, em um dado momento e em um determinado lugar, apontam o estado atmosférico, constatando uma condição atual, como, por exemplo, a chegada iminente de uma tempestade (STEINKE, 2012). O clima pode ser definido como o conjunto de fenômenos meteorológicos a longo prazo, o estado médio da atmosfera e sua evolução em um determinado lugar. Para que o clima de uma área seja determinado, deve-se realizar uma série ininterrupta de observações diárias dos “tempos” (TORRES; MACHADO, 2008).

O comportamento dos insetos também é intensamente influenciado pela umidade. Assim, quando a umidade varia, o comportamento geralmente é alterado. A oscilação da umidade, no entanto, está diretamente ligada à da temperatura, por isso esses fatores são comumente avaliados em conjunto (exceto quando um dos fatores é constante). Dessa forma, a água contida no corpo dos insetos interage indiretamente com a temperatura e, conseqüentemente, com o ambiente. A faixa favorável de umidade é diferente para cada grupo de animais. Nos insetos, está se encontra entre 40 e 80%. Tal intervalo proporciona para esses invertebrados uma maior velocidade de desenvolvimento, longevidade e fecundidade (RODRIGUES, 2001).

O vento é outro fator abiótico que pode afetar muitos insetos, em especial aqueles que dependem do ambiente acima do solo para sobreviver. Essa variável pode influenciar nas vibrações que são induzidas por ele mesmo, se tornando uma das principais fontes de barulho. O vento, portanto, afeta muitos insetos que utilizam a vibração como meio de comunicação, como naqueles que se alimentam de plantas arborícolas (MCNETT *et al.*, 2010). Esses movimentos de ar também podem influenciar na capacidade de dispersão dos insetos, interferindo no movimento por distâncias curtas e longas, em especial nos mais diminutos. A radiação solar, poluição urbana, ilhas de calor ou circulação de ar sobre áreas terrestres e

aquáticas podem interferir e alterar a direção e velocidade do vento (ZHOU *et al.*, 2019), refletindo, assim, no comportamento de muitos insetos.

A pressão barométrica é um elemento que influencia todos os outros citados acima, sendo uma força exercida pela massa de gases da atmosfera sobre a superfície (LAZARIDIS, 2011). Tal pressão interfere em comportamentos como acasalamento, comunicação, voo e forrageio de insetos e outros animais, se tornando um fator determinante para a sobrevivência (PELLEGRINO, *et al.*, 2013). As mudanças na pressão atmosférica são ocasionadas a partir da temperatura, volume e densidade do ar, sendo a Lei dos Gases Ideias a expressão matemática que demonstra isso. Conforme tal lei, se uma das três variáveis mudar, as demais também mudam, para manter a razão constante (ACKERMAN; KNOX, 2013).

As expressivas mudanças no tempo vão influenciar nas dos sistemas de pressão. Os sistemas chamados de ciclone são aqueles que possuem baixa pressão, tendendo a produzir tempestades. A baixa pressão é quando o ar próximo a superfície se movimenta para dentro, ou seja, as linhas de fluxo convergem internamente ao sistema (fluxo convergente), causando a diminuição da área de fluxo próximo a superfície, produzindo uma coluna densa de ar. O ar sobe, gerando nuvens e precipitação. A passagem de um sistema de baixa pressão, portanto, é associado a um tempo adverso, envolvendo ventos e precipitações (LAZARIDIS, 2011).

Já os sistemas de alta pressão são denominados anticiclone, ocorrendo um fluxo divergente próximo a superfície terrestre, agregado por um fluxo convergente na atmosfera. Nesse caso, o ar que desce é comprimido e aquecido, formando nuvens e, assim, precipitações são menos prováveis. Condições adversas como precipitações e ventos não ocorrerão, dando lugar a um sistema de alta pressão (LUTGENS; TARBUCK; TASA, 2013).

Observando a tendência da pressão (aumento, queda ou estável) sugere-se o tempo que está por vir (LUTGENS; TARBUCK; TASA, 2013). Os valores de pressão barométrica diminuem levemente, menos que 5 hPa horas antes de precipitações ou ventos. Quedas abruptas de pressão maiores que 30 hPa, sinalizam aproximação de tempestades tropicais ou ciclones (WELLINGTON, 1946). Apesar de correlações indiretas por meio de outros fatores abióticos, a pressão barométrica diretamente influenciando o comportamento dos insetos ainda é pouco explorado. A maior parte dos estudos abordam correlações entre padrões comportamentais e a variação natural (i.e. ambiental) da pressão barométrica, enquanto que a constatação direta do efeito desse elemento nos insetos por meio de condições controladas em laboratório é escassa (BREUNER *et al.*, 2013).

## 2.2 INSETOS SOCIAIS

Pertencentes ao reino Animalia, os insetos constituem um dos grupos taxonômicos dominantes do planeta. Dentro dessa classe se encontra um agrupamento polifilético biologicamente conhecido como insetos sociais, abrangendo espécies de abelhas (Hymenoptera: Vespidae), formigas (Hymenoptera: Formicidae), vespas (Hymenoptera: Vespidae) e cupins (Blattaria: Isoptera). São caracterizados inicialmente pela formação de colônias e organização em castas como soldados, rainhas e operárias (HOLLDÖBLER; WILSON, 1990). Em geral, as sociedades de insetos apresentam uma complexa divisão de tarefas, sendo cada casta (e muitas vezes subcasta) responsável por funções específicas dentro e/ou fora dos ninhos (estruturas onde se estabelecem as colônias). Além do mais, para serem considerados insetos verdadeiramente sociais (i.e. eusociais), esses também devem apresentar sobreposição de gerações (WILSON, 1971). Essas e outras características, lhes conferem vantagens quando comparados com outros insetos, especialmente em relação a alocação de recursos, reprodução, sobrevivência e, conseqüentemente, no seu sucesso reprodutivo e ecológico (MARINHO, 2006).

A maioria das sociedades de abelhas, cupins, vespas e formigas se configuram pela presença de poucas fêmeas reprodutivas (denominadas rainhas) e um número elevado de crias. Em algumas sociedades mais complexas há apenas uma rainha (i.e. monoginia) (HOWSE, 1980). Esse fenômeno ocorre em muitos gêneros de formigas, como nas formigas-cortadeiras, *Atta*. No entanto, em algumas espécies da subfamília Ponerinae, por exemplo, operárias tem a capacidade de reproduzir, e são denominadas de “garmergates” (PEETERS *et al.*, 1993). As formigas são consideradas verdadeiramente sociais e também numericamente os mais abundantes dentre esse grupo. Elas expressam uma extrema adaptação alimentar, pois utilizam diversos recursos animais e/ou vegetais encontrados no ambiente (WILSON, 1971).

Os ninhos de insetos sociais são os mais sofisticados comparados aos de outros animais (THERAULAZ *et al.*, 1998). A arquitetura dos ninhos de vespas e abelhas são mais notáveis, e os de formigas são geralmente encontrados dentro de troncos ou organizados em áreas subterrâneas, construídos através da remoção de terra (HOLLDÖBLER; WILSON, 1990). Devido a sua organização e localização, ninhos de formigas apresentam maiores variações de temperatura, possuem alta umidade, e sua arquitetura fornece benefícios a manutenção e cuidado da prole (SUDD, 1987).

Em algumas colônias monogínicas a divisão de trabalho é vista com clareza entre a rainha e operárias (i.e. polietismo), sendo a maior parte das atividades da colônia direcionada as operárias (BRANDÃO, 1983). A divisão de trabalho etário é muito comum (polietismo etário), as operárias jovens se envolvem em atividades relacionadas ao cuidado com a prole e a limpeza do ninho, enquanto as mais velhas se envolvem na defesa, exploração e forrageio (TRANIELLO; JAYASURIYA, 1985).

### 2.3 FORMIGAS-CORTADEIRAS

As formigas são animais cosmopolitas da ordem Hymenoptera e família Formicidae, o qual alcançam uma diversidade de cerca de 12,5 mil espécies atualmente descritas (LACH, 2010). Junto a insetos como vespas, abelhas e cupins, elas compõem os insetos considerados verdadeiramente sociais (eusociais). Assim, esses animais necessariamente apresentam divisão de tarefas no ninho, cuidado com a prole e sobreposição de gerações (HOLLOBLER; WILSON, 1990).

Formicidae possui 16 subfamílias por toda a região do globo. As subfamílias com maior diversidade de espécies e gêneros são Myrmicinae, Ponerinae e Formicinae. Os três grupos são comumente encontradas no Brasil, país que possui ampla diversidade de gêneros (31% dos encontrados no mundo) e ocupa a segunda posição em diversidade de espécies (BACCARO *et al.*, 2015).

As formigas cultivadoras de fungo são evolutivamente as mais derivadas dentro de Formicidae. Por outro lado, são atualmente o grupo economicamente mais importante, especificamente para os países da América Latina (SOLOMON *et al.*, 2019). Essas formigas pertencem a tribo Attini e são endêmicas da região neotropical. Existem dezenas de gêneros nesse grupo, e todos evoluíram a partir da simbiose com espécies de fungos cultivados em forma de jardins dentro de suas próprias colônias. Nesse sistema intimamente relacionado, os jardins de fungo são utilizados como alimento pelos indivíduos da colônia, e, em troca, as operárias garantem sua nutrição e proteção (HOLLOBLER; WILSON, 1990). Dentro desse grupo se encontram as formigas-cortadeiras, que assim são chamadas pois cortam e fornecem material vegetal fresco aos jardins de fungo. Elas estão agrupadas na subtribo Attina, que inclui aproximadamente vinte gêneros, como *Acromyrmex* e *Atta* (WEBER *et al.*, 2015), popularmente conhecidas como saúvas e quenquéns, respectivamente. São nativas do continente americano, incluindo o sul da América do Norte, América do Sul e América Central (MAYHÉ-NUNES;



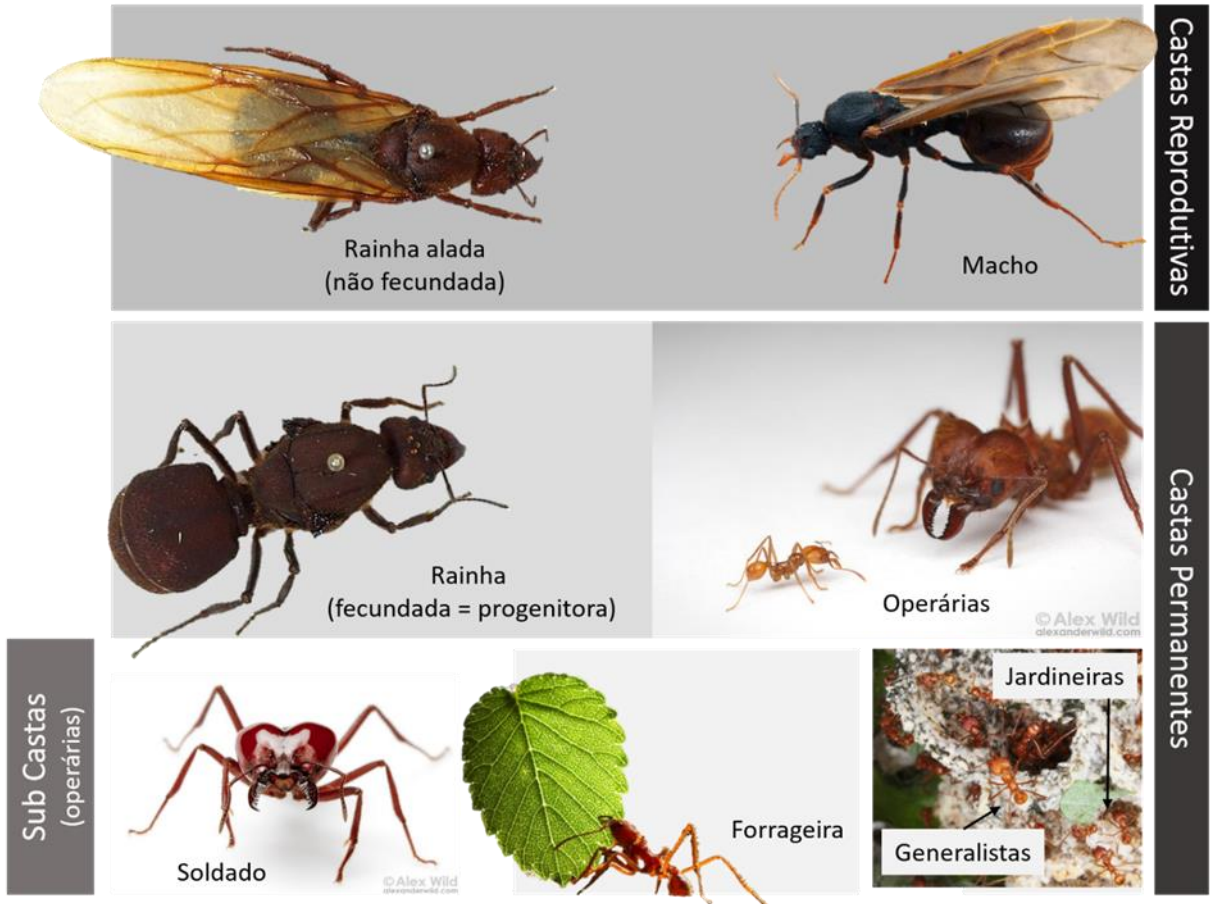
JAFFÉ, 1998). As espécies do gênero *Atta* cortam e carregam órgãos vegetais frescos de diversas espécies nativas ou de interesse agrícola e florestal. A colônia vive em mutualismo com o fungo *Leucoagaricus gongylophorus*, o qual elas alimentam, cultivando e auxiliando em seu crescimento (VASCONCELOS; FOWLER, 1990).

Devido à grande concentração de indivíduos dentro de um único ninho e um alto grau social, além da sua relação formiga-fungo-planta, as formigas-cortadeiras são consideradas potencial praga de cultivos florestais. Essas facilmente se tornam pragas severas pela elevada capacidade de desfolhamento em uma área de plantio florestal. As colônias são favorecidas em cultivos pela abundância de alimento, garantindo condições propícias para o desenvolvimento e multiplicação das mesmas (ZANETTI *et al.*, 2010). Possuem alta atividade de corte, comprometendo o crescimento de plantas jovens, e são responsáveis pelas perdas de área fotossintética, ocasionando a morte das mudas e, portanto, falhas no plantio (ZANETTI *et al.*, 2014).

As formigas-cortadeiras são consideradas também engenheiras do ecossistema, possuindo a capacidade de alterar direta ou indiretamente o ambiente em que se encontram. Assim, suas modificações nem sempre são negativas ao ambiente. Elas reduzem o material foliar nas áreas florestais, e, conseqüentemente geram aberturas no sub-bosque em momentos de alta intensidade, favorecendo o crescimento de algumas espécies arbóreas que não possuem muito acesso a luz do sol para atividades fotossintéticas (JONES *et al.*, 2010). Algumas espécies nidificam em solos específicos a sua preferência, sendo um indicativo de características físico-químicas. Como em ninhos de *Atta sexdens*, as quais são encontradas em solos com alta concentração de nutrientes, como cálcio, potássio e fósforo (UKAN, 2011).

As formigas do gênero *Atta* são conhecidas por se dividirem em castas morfológica e etologicamente bem definidas (WILSON, 1971). Os machos também chamados de bitus, e as fêmeas chamadas de iças, fazem parte das castas temporárias; e a fêmea fecundada (rainha fundadora), juntamente com as operárias constituem as castas permanentes (Figura 1). As operárias são divididas em subcastas, onde se encontram as jardineiras, que são responsáveis por cuidar do fungo e da prole; as generalistas, que participam de diversas tarefas, incorporando substrato nas hifas e cuidando da rainha; as forrageiras, que exploram o ambiente externo, cortam, coletam e transportam o material vegetal; e os soldados, também chamados de defensores, que protegem o ninho contra potenciais ameaças e invasores externos (WILSON, 1980) (Figura 1).

Figura 1 – Representantes das castas e subcastas encontradas na organização social de formigas-cortadeiras do gênero *Atta*.



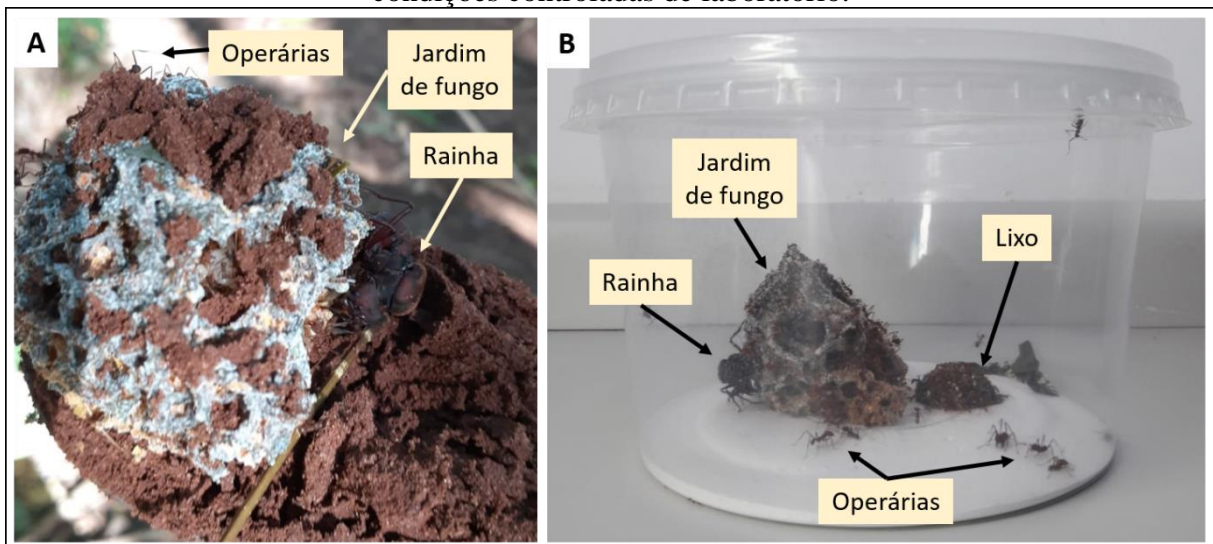
Fonte: Alex Wild (2021)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLÔNIAS DE *Atta sexdens*

Foram coletadas aproximadamente 50 colônias da espécie de formiga-cortadeira, *Atta sexdens*, após cerca de três meses de fundação, na área de cultivo florestal no município de Itirapina - São Paulo, em janeiro de 2020 (Figura 2A). Os ninhos foram então encaminhados para o Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da Universidade de São Paulo, ESALQ – USP. Esses foram mantidos em recipientes de plástico transparentes de aproximadamente 1.000 mL e criados sob condições controladas com temperatura de  $25 \pm 1$  °C, umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12L: 12D (Figura 2B). Foram fornecidos para os ninhos folhas e flores de hibisco como alimento, e as colônias eram limpas a cada três dias, removendo o lixo acumulado. As atividades de manutenção eram cuidadosamente desenvolvidas para que fosse minimizado quaisquer distúrbios. Após o estabelecimento das colônias no laboratório, foram escolhidos aleatoriamente cinco ninhos para a execução dos experimentos.

Figura 2 – (A) Integrantes do ninho de *Atta sexdens* recém-coletado em campo. (B) Disposição do jardim de fungo, lixo e das castas e subcastas de *Atta sexdens* mantidas em condições controladas de laboratório.



Fonte: O Autor (2021)

### 3.2 CÂMARA BAROMÉTRICA

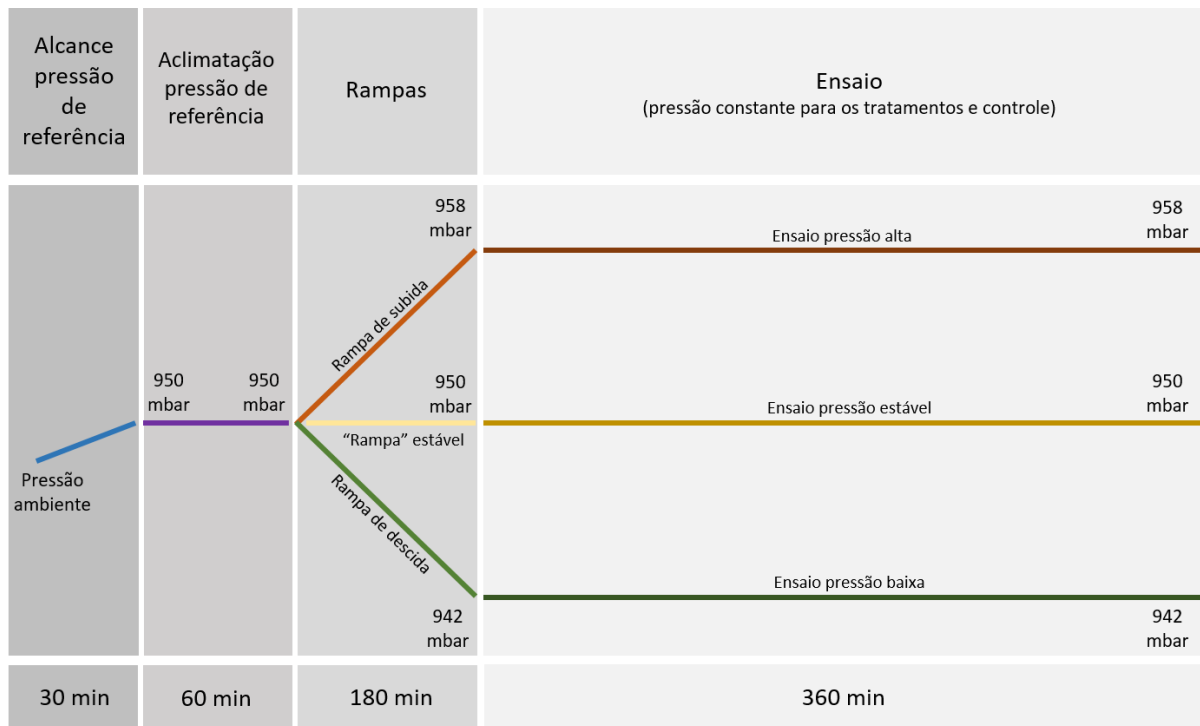
Foi utilizada uma câmara barométrica de acrílico (40 cm de altura x 90 cm de largura x 70 cm comprimento) com controle automatizado da pressão, composta por duas válvulas de controle e de fluxo tipo solenoide modular modelo SCG202A004 ¼”, acionada por uma porta analógica individualmente; uma bomba de pressão e vácuo marca Millipore modelo WP61; um sensor de pressão YOUNG© modelo 61302V; um transmissor de multiparâmetro, modelo DHT-22, escala de temperaturas entre -40 a 80 °C e umidade entre 0 a 100%, e um sistema de aquisição de dados (Figura 2).

O controle de pressão foi realizado em circuito fechado, no qual um sistema de controle que opera monitorando continuamente a pressão barométrica dentro da câmara é controlada por um software, cuja a variação da pressão atmosférica é  $\pm 1$  mbar.

Os dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram usados para determinar a média e variação máxima anual da pressão barométrica de Piracicaba, SP, Brasil, (22°43'31" S, 47° 38'57" W e 566 m de altitude) local onde o estudo foi conduzido.

A fim de verificar a interação entre a variação da pressão barométrica e os comportamentos executados pela rainha de *A. sexdens*, foram testadas três categorias de pressão: (a) pressão estável  $950 \pm 1$  mbar; (b) pressão alta  $958 \pm 1$  mbar; e (c) pressão baixa  $942 \pm 1$  mbar (Figura 3). Assim, cada um dos cinco ninhos destinados para os experimentos foi independentemente submetido a cada uma dessas pressões dentro da câmara barométrica.

Figura 3 – Categorias e processos de mudança na pressão considerados ao longo dos experimentos.



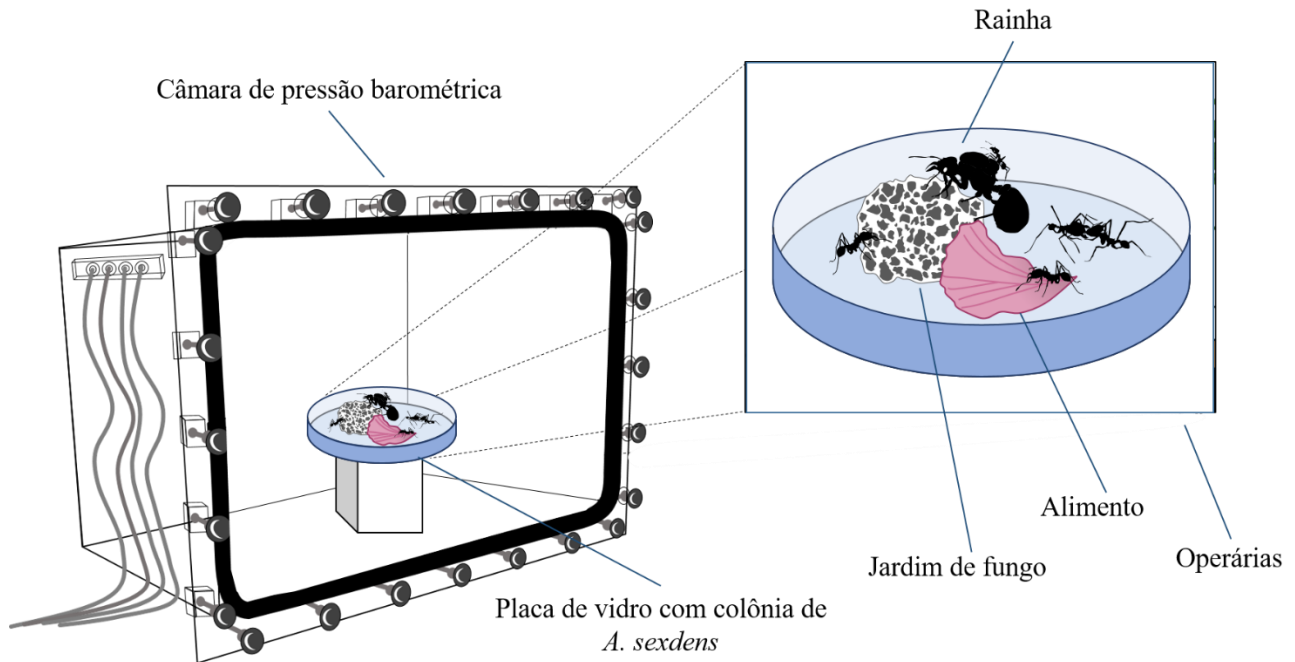
Fonte: O Autor (2021)

Para cada bioensaio, um ninho era disposto no interior da câmara barométrica (Figura 2B), que posteriormente era fechada hermeticamente e mantida sob condições controlada de temperatura  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa  $70 \pm 10\%$  (Figura 4). Durante os experimentos a luz da sala foi reduzida com o intuito de simular o mais próximo possível as condições de luminosidade que há no interior do ninho.

A pressão barométrica no interior da câmara foi programada para atingir a pressão de  $950 \pm 1$  mbar dentro de 30 minutos para todos os bioensaios (Figura 3). Logo após, alcançar a pressão padrão, esta foi mantida por período de uma hora para a aclimação do ninho. Em seguida, a pressão se mantinha (pressão estável  $950 \pm 1$  mbar); ou elevava (pressão alta  $958 \pm 1$  mbar) ou reduzia (pressão baixa  $950 \pm 1$  mbar) a taxas constantes por três horas. As avaliações foram realizadas em dois momentos, na rampa e quando se atingia categorias constantes de alta, baixa ou estável e dava-se início as avaliações comportamentais durante todo período (Figura 3). Os horários dos experimentos eram fixos, e aconteciam das 08:00 às 18:30 h.

Visto que as mudanças para pressão baixa ou alta em Piracicaba-SP apresentam em média uma queda ou subida de 8mbar o valor foi aplicado em ambos os tratamentos (pressão alta e baixa).

Figura 4 – Esquema ilustrativo das avaliações comportamentais da rainha de *Atta sexdens* realizadas na câmara barométrica.



Fonte: O Autor (2021)

### 3.3 ANÁLISES COMPORTAMENTAIS

Os comportamentos das rainhas de cada colônia, em cada regime de pressão, foram registrados em laboratório, sob condições controladas com temperatura de  $25 \pm 1$  °C, umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  °C e fotoperíodo de 12L: 12D, onde durante o ensaio era mantida a luz baixa, e utilizando uma filmadora digital (Sony HDR-SR12®). Após cada teste os vídeos eram transferidos e analisados em computador. Cada colônia foi inicialmente confinada em duas placas de petri de vidro (5 cm de diâmetro e 1,2 cm de altura), de forma a garantir um volume semelhante ao da primeira câmara formada após 3 meses de fundação de um ninho de *A. sexdens* selvagem, que na maior parte é uma pequena câmara com dimensões de 2,5 cm de altura aproximadamente e 4,5 mm de diâmetro da base (Figura 4). Dentro dessa placa, portanto, foram adicionados 3-4 g do respectivo fungo simbiote, a rainha, 10 operárias maiores (1,5 cm aproximadamente), 20-25 operárias menores (5 mm aproximadamente), 10 pupas e 10 larvas.

O fungo foi posicionado de forma a ocupar menos da metade da área inferior da placa de petri (0,950 g aproximadamente), sendo a outra área destinada ao material vegetal (pétala de hibisco) (Figura 2). A prole foi toda acumulada e posicionada sobre o jardim de fungo. A placa foi fechada parcialmente com plástico filme (PVC), mantendo uma abertura com cerca de 2 cm entre a tampa e a parte inferior da placa de petri, para permitir a circulação de ar. Cerca de 30 minutos antes de adicionar as colônias na câmara barométrica, adicionou-se cerca de 0,5 g de pétalas de flores de hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis*) como fonte de alimento.

Durante as análises dos vídeos obtidos após cada experimento, foram coletados dados especificamente relacionados aos movimentos da rainha dentro da placa de vidro. Assim, a cada 5 min de filmagem, marcou-se a posição da rainha (e.g. sobre o fungo, sobre o alimento ou próximo as crias). Foi considerado como deslocamento (i.e. movimento) cada mudança de posição da progenitora ao longo do tempo nas diferentes condições de pressão barométrica. Assim terminadas todas as análises, foram gerados mapas de movimentação para cada tratamento e cada situação de mudança de pressão (ou estabilidade) dentro dos tratamentos e controle (Figura 3). A duração total de cada repetição e em todas as pressões (referência, alta e baixa) foi de 10 horas e 30 minutos dentro da câmara, sendo que todas as observações iniciaram no período da manhã das 08:00 às 18:30 h.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido na forma de um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (pressões estável, alta e baixa) e cinco repetições. Para compreender as tendências gerais de movimentos da rainha em função do tipo de pressão atmosférica avaliada, uma análise de componentes principais (PCA) foi realizada. Na PCA, os dados foram padronizados dividindo-se a diferença entre cada ponto de dados e a média aritmética da variável de interesse pelo desvio padrão da variável. Os componentes foram selecionados de acordo com os autovalores provenientes da matriz de correlação e de acordo com a presença de componentes com autovalores maiores do que 1 (KAISER, 1974).

Como cada repetição era uma colônia diferente, e por definição, poderia apresentar características intrínsecas da própria colônia (ex: reflexos da história de vida da rainha), os dados foram analisados sob a ótica de um modelo misto linear generalizado (GLMM). Neste, o número de movimentos observados da rainha foi posto como variável dependente em função das pressões atmosféricas avaliadas, e as colônias foram consideradas variáveis aleatórias. O

modelo GLMM teve distribuição dos erros do tipo binomial negativa, pois a variável dependente era uma variável discreta (contagem), com variância superior à média. Para avaliar a homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, o GLMM foi submetido aos testes de Bartlett e Shapiro Wilk, respectivamente. Após atendido os pressupostos dos testes, uma análise de deviance (Anodev) foi realizada com base nos valores de qui-quadrado. Para os modelos que atingiram o limiar de significância adotado para Anodev ( $p < 0,05$ ), as médias foram submetidas ao teste pos hoc de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software R v.4.0.2 (<https://cran.r-project.org/>).



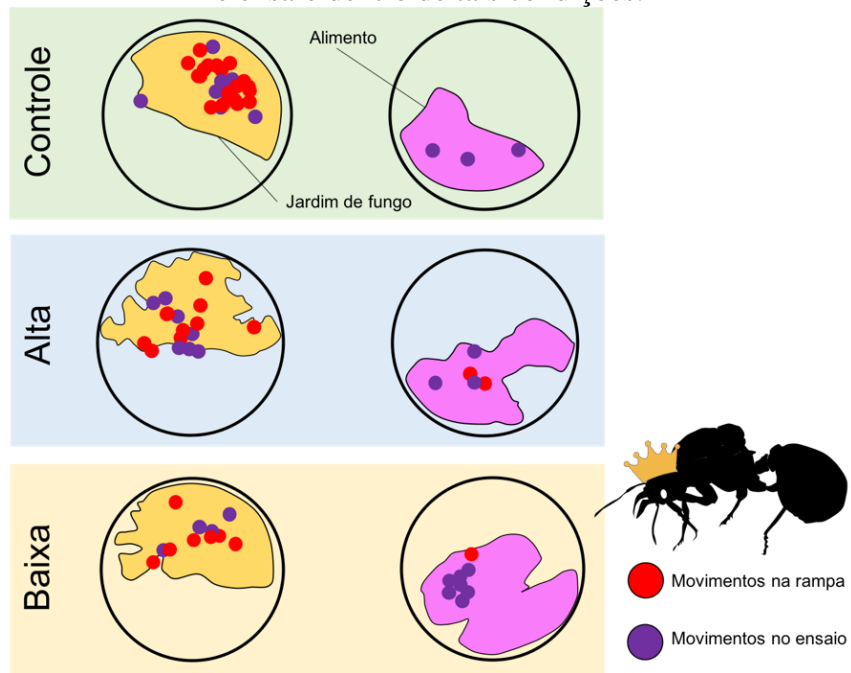
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas três condições de pressão e rampa investigadas nesse trabalho, as rainhas mostraram ao menos algum comportamento de deslocamento ao longo do perímetro da placa onde se encontravam (Figura 5). No entanto, para qualquer movimento observado, há uma tendência no agrupamento desses quando a pressão atmosférica se encontra estável, como claramente mostrado na análise de agrupamento (PCA) da figura 6. Além disso, em relação ao movimento sobre o fungo ou alimento, em todos os tratamentos, a rainha tendeu a se deslocar mais sobre a área do jardim de fungo, em especial ao longo dos momentos de rampa (Figura 5)

Quando comparados os momentos rampa (subida, descida ou constância da pressão barométrica) e pressão estável nos três tratamentos, somente houve diferença estatística para os eventos observados dentro da rampa. Em outras palavras, não há diferença entre a quantidade de deslocamentos da rainha quando exposta a pressão constante em alta, estável ou baixa. Assim, com foco nos eventos dentro do momento rampa, houve diferença estatística entre a quantidade de deslocamentos da rainha nos tratamentos pressão estável, alta e baixa (Figura 7). A rainha se movimentou mais ao longo da rampa do tratamento pressão estável, intermediário na rampa do tratamento “pressão alta” e em menor quantidade durante a rampa do tratamento “pressão baixa” (Figura 7).

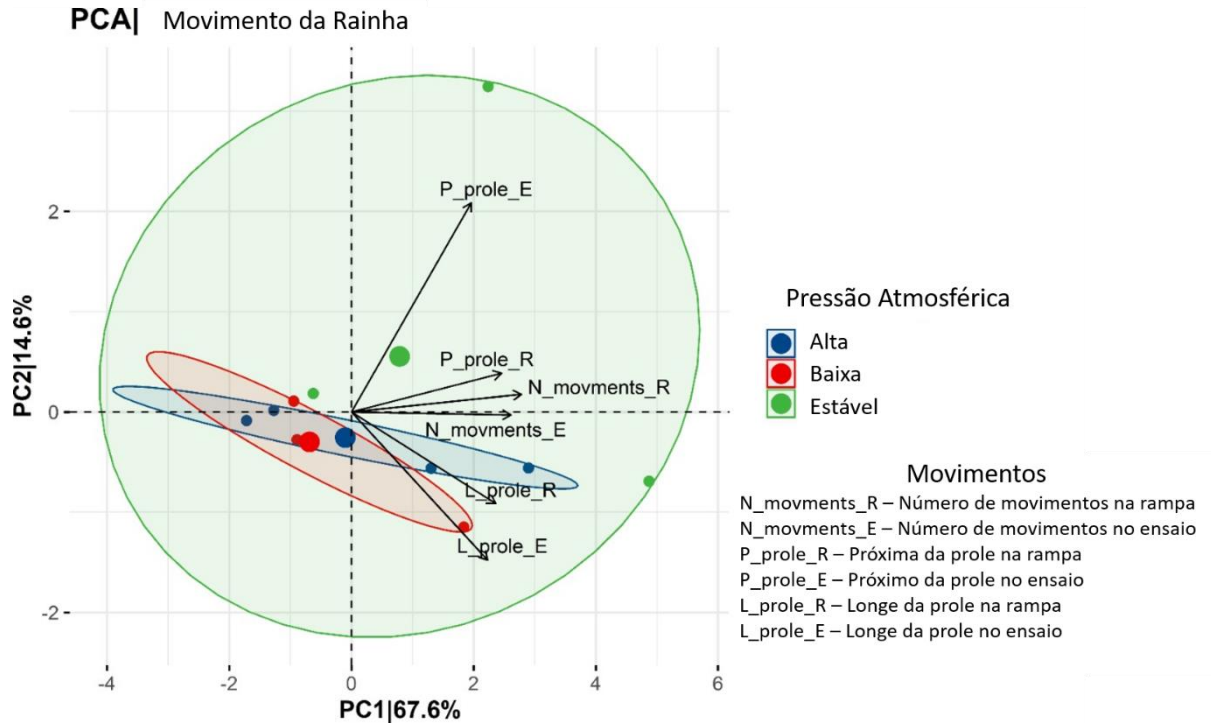
Em relação aos movimentos da rainha próximo ou longe da prole, somente houve diferenças ao longo dos momentos “rampa” dos três tratamentos. A progenitora se desloca mais ativamente próximo a prole ao longo da rampa no tratamento pressão estável, não havendo diferença estatística quando comparado os tratamentos pressão alta e baixa nesse mesmo momento (Figura 8).

Figura 5 – Esquema do comportamento de deslocamento das rainhas de *Atta sexdens* sob as três condições de pressão barométrica (estável, alta e baixa) e nos momentos de rampa e ensaio dentro de tais condições.



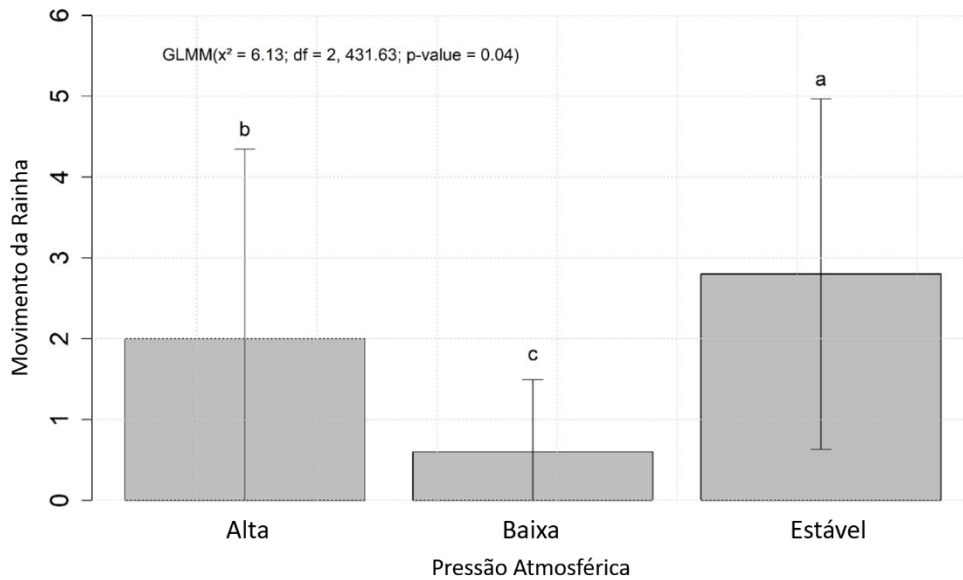
Fonte: O Autor (2021)

Figura 6 – Análise de componentes principais (PCA) particionando a variância do número de movimentos da rainha de *Atta sexdens* nas três mudanças de pressão.



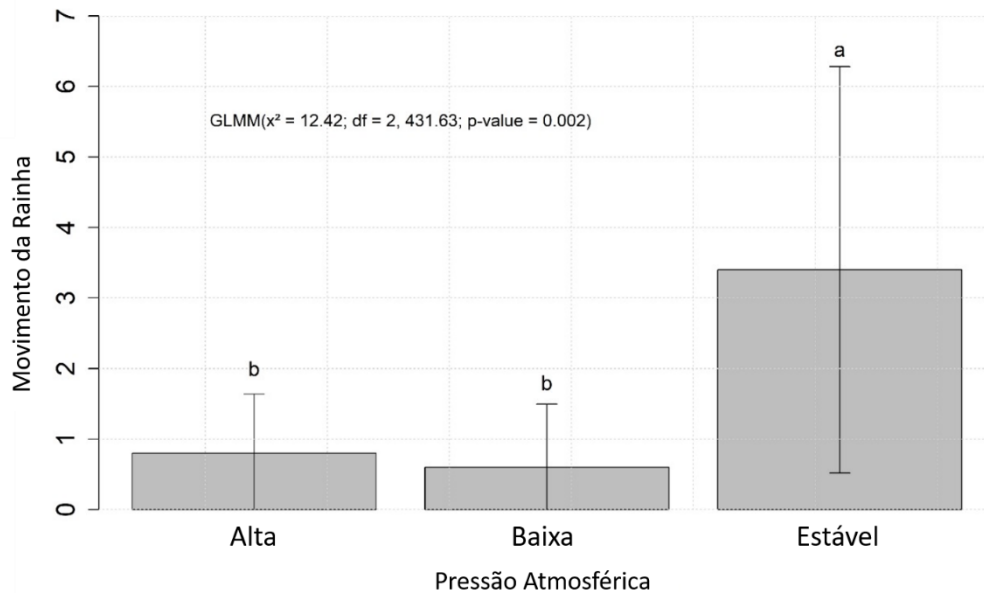
Fonte: O Autor (2021)

Figura 7 – Gráfico comparativo do número de movimentos da rainha de *Atta sexdens* durante a rampa, comparando as três mudanças de pressão. Letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).



Fonte: O Autor (2021)

Figura 8 – Gráfico comparando o movimento da rainha de *Atta sexdens* próximo a prole, durante a rampa, nas três mudanças de pressão. Letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).



Fonte: O Autor (2021)

Colônias de formigas-cortadeiras, em especial do gênero *Atta*, são majoritariamente monogênicas, possuindo, portanto, apenas uma progenitora ao longo de toda a vida da colônia. Assim, essa casta ocupa um status de alta importância na garantia da dinâmica e sobrevivência do ninho. Com isso, independente das condições barométricas agindo sobre os indivíduos do ninho, a rainha possui algum movimento devido a necessidade de manter as atividades diárias do grupo social, em especial a constante oviposição. No entanto, nesse contexto, a maior quantidade de eventos de deslocamento encontrados ao longo dos períodos de pressão estável, mostra que durante essa condição a rainha mantém seu ritmo de atividades sem grandes alterações. Por outro lado, quando a pressão aumenta ou diminui, produzindo modificações geralmente significativas no tempo (e.g. chuva e ventos ou dias ensolarados), a progenitora tende a permanecer mais inativa. O fato de pouco se movimentar nesses pontos mais extremos de pressão (alta ou baixa) pode ser uma forma de defesa, visando evitar ao máximo as consequências muitas vezes mortais da alteração desse fator abiótico em pressões baixa por exemplo.

Essa possível explicação para tal comportamento é encontrada em outros insetos. Operárias de abelhas do gênero *Apis*, por exemplo, modificam o comportamento dentro e fora do ninho quando em iminência de mudança de tempo ou mesmo quando essa mudança já está

ocorrendo (RIESSBERGER; CRAILSHEIM, 1997). As forrageiras tendem a ficar mais inativas e reclusas dentro da colmeia. As cuidadoras, de uma forma semelhante a percepção das forrageiras para tais mudanças abióticas, também diminuem expressivamente as atividades internas do ninho. Assim, a inatividade parece ser uma maneira de evitar intemperes, mesmo em indivíduos completamente claustrais, como as rainhas de formigas-cortadeiras.

Quanto a maior concentração dos movimentos sobre o jardim de fungo em todas as condições de pressão, seria explicada pela permanência das crias (ovos, larvas e pupas) também sobre o simbionte, comportamento comum nos ninhos de *Atta* (WILSON, 1980). Dessa forma, indiferente das condições de tempo indicadas pela mudança da pressão barométrica, as rainhas se deslocariam com maior frequência ao redor da prole na superfície do fungo em detrimento das áreas onde se encontram o alimento ou mesmo aquelas somente cobertas pelo substrato, possivelmente acessando informações sobre as condições do simbionte e garantindo a manutenção de comportamentos como a postura de ovos. Assim, a permanência da progenitora sobre o jardim de fungo é determinante quando na perspectiva comportamental, e também fisicamente plausível, sendo que a maior parte do volume da câmara onde se encontra nesses primeiros meses é dominada pelo simbionte em constante crescimento.

No entanto, como mostrado nos resultados para o movimento da rainha próximo ou longe da prole, esse comportamento fica mais acentuado quando a pressão permanece estável. Ao longo dos primeiros meses de fundação da colônia no gênero *Atta*, as rainhas possuem um papel muito mais ativo quando comparadas a estágios mais maduros do ninho. Os experimentos realizados nessa investigação contaram com ninhos entre dois e três meses de fundação, momento em que a rainha ainda desenvolve atividades diversas e também específicas (MARICONI, 1970). Cabe a rainha, durante esse período, em especial antes da emergência da maior parte das operárias, cuidar da prole. Esse cuidado envolve a alimentação das larvas, limpeza e transporte de todos os juvenis. Ao longo dos momentos de pressão estável, portanto, essa casta estaria seguindo seu ritmo normal de tarefas relacionadas também a prole. Por outro lado, menores quantidades de deslocamentos próximo a prole nos tratamentos de pressão baixa e alta, se justificaria como já discutido acima, um modo de defesa da casta reprodutora contra as intemperes iminentes.

O fato de somente haver diferenças na quantidade de eventos de deslocamento ao longo das rampas quando comparado com os momentos em que as pressões se estabilizaram, mostra claramente a gradual sensibilidade da rainha para o processo de mudança desse fator ambiental. O processo de aumento ou diminuição da pressão é mais determinante para a tomada

de decisão dessa casta do que quando há a estabilização dessas condições. Via de regra, as consequências da variação de pressão no tempo surgem ao longo das quedas ou subidas. Portanto, quando já estabilizadas, intemperes como as chuvas já estariam cessando, o que justificaria as mudanças comportamentais da rainha mais significativas ao longo das rampas.

Mesmo no período de rampa dos experimentos, a rainha se movimentou mais durante a pressão estável, corroborando ainda mais com a hipótese já descrita. A menor quantidade de deslocamentos ao longo do processo de queda da pressão, quando comparado com a estável e aumento, mostra que as consequências climáticas para a casta e também o ninho nessas circunstâncias é provavelmente mais danosas. Sujimoto *et al* (2019) demonstra que a queda na pressão altera o comportamento das pioneiras em ninhos de *Atta sexdens*. As primeiras forrageiras que saem do ninho para explorar o ambiente levam mais tempo para de fato iniciarem tal atividade quando há quedas na pressão. Assim, ficam mais inativas na iminência de intemperes como as chuvas, comportamento semelhante mostrado com as rainhas.

Ao longo do aumento da pressão, no entanto, há uma quantidade intermediária de movimentos da progenitora, demonstrando que essa casta de fato é sensível a tal variação, porém mantém relativo ritmo de atividades. O aumento da pressão traz consequências comparativa e aparentemente menos danosas a colônia em geral, como dias com menos nuvens ou ventos intermediários. Em relação a eficiência das operárias de *A. sexdens* no forrageio, o aumento na pressão não altera a quantidade de folhas cortadas ou introduzidas ao ninho quando comparadas com momentos de pressão estável (SUJIMOTO *et al.*, 2019). Contudo, rainhas parecem se proteger e proteger a sua prole mesmo frente a provável menor ameaça ambiental.

A variação da pressão barométrica, portanto, não somente interfere em comportamentos relacionados as atividades fora do ninho, como o forrageio, mas também em padrões etológicos exercidos dentro do ninho. O deslocamento da rainha sob a queda, alta e constância da pressão mostraram-se como critérios importantes para compreender como esse indivíduo tão essenciais para a homeostase do ninho reage a iminências de fenômenos no tempo determinantes para sua sobrevivência, como as chuvas.

## 5 CONCLUSÃO

A variação da pressão barométrica de fato interfere no comportamento de rainhas da espécie de formiga-cortadeira *Atta sexdens*, alterando padrões de movimentação dessa casta reprodutiva dentro do ninho. Longos períodos de inatividade em momentos extremos de pressão mostram um possível método de defesa da progenitora de *A. sexdens* contra iminentes intemperes climáticas; enquanto eventos de deslocamento mais frequentes em períodos de pressão atmosférica estável indicam a uma regularidade nos padrões comportamentais da rainha.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, S. A.; KNOX, J. A. **Meteorology**: understanding the atmosphere. Jones & Bartlett Learning, 2013. 575 p.
- AUSTIN, C. J.; GUGLIELMO, C. G.; MOEHRING, A. J. A direct test of the effects of changing atmospheric pressure on the mating behavior of *Drosophila melanogaster*. **Evolutionary Ecology**, v. 28, n. 3, p. 535-544, jan. 2014.
- BACCARO, F.B.; *et al.* **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Inpa, 2015. 388 p.
- BENDER, M. J.; HARTMAN, G. D. Bat activity increases with barometric pressure and temperature during autumn in central Georgia. **Southeastern Naturalist**, v. 14, n. 2, p. 231-242, jun. 2015.
- BOLLAZZI, M.; ROCES, F. Leaf-cutting ant workers (*Acromyrmex heyeri*) trade off nest thermoregulation for humidity control. **Journal of Ethology**, v. 28, n. 2, p. 399-403, fev. 2010.
- BRANDAO, C. R. F. Sequential ethograms along colony development of *odontomachus affinis* Guérin (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae). **Insectes Sociaux**, v. 30, n. 2, p. 193-203, jun. 1983.
- BREUNER, C.; SPRAGUE, S.; PATTERSON, S.; WOODS, A. Environment, behavior and physiology: do birds use barometric pressure to predict storms? **Journal of Experimental Biology**, v. 216, n. 11, p. 1982-1990, jun. 2013.
- CAMARGO, R. S.; *et al.* Influência do ambiente no desenvolvimento de colônias iniciais de formigas cortadeiras (*Atta sexdens* rubropilosa). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1375-1380, ago. 2013.
- COSTA, C. M. **Efeito da pressão barométrica sobre o comportamento de oviposição, parasitismo e alimentação nos insetos**. Piracicaba, 2018. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Entomologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- ENDRINGER, F. B. **Comportamento de forrageamento da formiga *Atta robusta* Borgmeier 1939 (Hymenoptera: Formicidae)**. 78 f. 2011. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- FARJI-BRENER, A. G.; *et al.* Working in the rain? Why leaf-cutting ants stop foraging when it's raining. **Insectes Sociaux**, v. 65, n. 2, p. 233-239, jan. 2018.
- FOURNIER, F.; *et al.* Effect of barometric pressure on flight initiation by *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Environmental Entomology**, v. 34, n. 6, p. 1534-1540, dez. 2005.
- GALLO, D.; *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, p. 920, 2002.



HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Harvard University, p. 732, 1990.

HOWSE, C. Comportamento Animal. São Paulo, 1980. 17. ed., **E.P.U:** Editora da Universidade de São Paulo, 79 p.

JONES, C. G.; *et al.* A framework for understanding physical ecosystem engineering by organisms. **Oikos**, v. 119, n. 12, p. 1862-1869, out. 2010.

LACH, L. **Ant Ecology**. New York: Oxford University Press, 2010. 432 p.

LAUMANN, R. A.; *et al.* **Ritmos diários de atividades comportamentais de *Diabrotica speciosa* relacionados a temperatura**, 2003. Comunicado técnico/Embrapa.

LAZARIDIS, M. **First Principles of meteorology and air pollution**. Environmental Pollution. Holanda: Springer Holanda, 2011.

LEWIS, T.; POLLARD, G. V.; DIBLEY, G. C. Rhythmic foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). **Journal of Animal Ecology**, p. 129-141, maio. 1974.

LUTGENS, F. K.; TARBUCK, E. J.; TASA, D. G. **The Atmosphere: an introduction to meteorology**. Pearson New International Edition, 2013. 568 p.

MARICONI, F. **As saúvas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1970.

MARINHO, C. G. S.; *et al.* Fatores que dificultam o controle das formigas cortadeiras. **Revista Bahia Agrícola**, Viçosa, p. 1414-2368, mar. 2006.

MAYHÉ-NUNES, A. J.; JAFFÉ, K. On the biogeography of Attini (Hymenoptera: Formicidae). **Ecotropicos**, Mérida, v. 11, n. 1, p. 45-54, 1998.

MCNETT, G. D.; LUAN, L. H.; COCROFT, R. B. Wind-induced noise alters signaler and receiver behavior in vibrational communication. **Behavioral Ecology And Sociobiology**, v. 64, n. 12, p. 2043-2051, jul. 2010.

MUSIOLEK, D.; KOČÁREK, P. Weather-dependent microhabitat use by *Tetrix tenuicornis* (Orthoptera: Tetrigidae). **The Science of Nature**, v. 103, n. 8, p. 1393-1399, jul. 2016.

PEETERS, C.; *et al.* Monogyny and polygyny in ponerine ants with or without queens. In: KELLER, Laurent. **Queen number and sociality in insects**. Oxford, 1993. 234-261 p.

PELLEGRINO, A. C.; *et al.* Weather forecasting by insects: modified sexual behaviour in response to atmospheric pressure changes. **Plos One**, v. 8, n. 10, 2013

RIESSBERGER U.; CRAILSHEIM, K. Short-term effect of different weather conditions upon the behaviour of forager and nurse honey bees (*Apis mellifera carnica* Pollmann). **Apidologie**, p. 411-426, 1997.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no Desenvolvimento dos Insetos. **Entomologistas do Brasil**, v. 1., n. 4., p. 1-4, 2001.

RÖMER, D.; *et al.* Underground nest building: the effect of CO<sub>2</sub> on digging rates, soil transport and choice of a digging site in leaf-cutting ants. **Insect. Soc.**, p. 305-313, 2018.

SOLOMON, S. E.; *et al.* The molecular phylogenetics of *Trachymyrmex forel* ants and their fungal cultivars provide insights into the origin and coevolutionary history of 'higher-attine' ant agriculture. **Systematic Entomology**, v. 44., n. 4., p. 939-956, 2019.

SOUSA-SOUTO, L.; SOUZA, D. J. Influência da rainha no comportamento das operárias da formiga cortadeira *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1908). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66., n. 2., p. 503-508, 2006.

STEINKE, E. T. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 144 p.

STEPHEN, W. P.; BIRD, R. D. The effect of barometric pressure upon oviposition of the imported Cabbageworm, *Pieris rapae* (L.). **The Canadian Entomologist**, v. 81, n. 5, p. 132, maio. 1949.

STORK, N. E. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on earth? **Annual Review of Entomology**, v. 63., n. 1., p. 31-45, 2018.

SUDD, J. H. **The Behavioural Ecology of Ants**. New York: USA: Chapman & Hall, 1987. 206 p.

SUJIMOTO, F. R.; *et al.* Foraging activity of leaf-cutter ants is affected by barometric pressure. **Ethology**, v. 126., n. 3., p. 290-296, 2019.

THERAULAZ, G.; BONABEAU, E.; DENEUBOURG, J. The origin of nest complexity in social insects. **Complexity**, v. 3., n. 6., p. 15-25, 1998.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Geographica, 2008. 234 p.

TRANIELLO, J. F. A.; JAYASURIYA, A. The biology of the primitive *Antaneuretus simoni* (Emery) (Formicidae: Aneuretinae) ii. the social ethogram and division of labor. **Insectes Sociaux**, v. 32., n. 4., p. 375-388, 1985.

UKAN, D. **Análise dos resíduos produzidos por formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) em laboratório e em condições de campo**. 2011. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

VASCONCELOS, H.; FOWLER, H. Foraging and fungal substrate selection by leaf-cutting ants. **Applied myrmecology: A world perspective**, 1990. 410 p.

WELLINGTON, W. G. The effects of variations in atmospheric pressure upon insects. **Canadian Journal of Research**, v. 24., n. 2., p. 1-70, 1946.

WHEELER, D. The role of nourishment in oogenesis. **Annual... Review of Entomology**, 1996. 407-431 p.

WILSON, E. O. Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: Atta). I. the overall pattern in *Atta sexdens*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, p. 143-156, 1980.

WILSON, E. O. **The insect societies**. Cambridge: Harvard University, 1971. 548 p.

ZANETTI, R.; *et al.* **Manejo integrado de pragas florestais**. Lavras: UFLA, 2010.

ZANETTI, R.; *et al.* An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. **Forests**, v. 5, n. 3, p. 439-454, 2014.

ZHOU, J.; *et al.* Effect of wind time on the dispersal capacity of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura (Hymenoptera Trichogrammatidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 22, n. 3, p. 742-749, 2019.